

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Литвинчук Ілля Дмитрович

УДК 622.271

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУВАННЯ ВАПНЯКІВ В
УМОВАХ ГУМЕНЕЦЬКОГО РОДОВИЩА**

Спеціальність – 184 «Гірництво»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра

Київ 2019

Дисертація є рукопис:

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник: проф., д.т.н., доц. Фролов О. О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензенти:

Т.в.о. директора
ТОВ «НВП «УКРГЕОЛОГСТРОМ»

Б. В. Василенко

Захист відбудеться «___» _____ 20__ р. о ___ на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, к.22, ауд. 511.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. При розробці родовищ корисних копалин відкритим способом одним з найважливіших рішень для гірничодобувного підприємства є визначення технології розробки на кар'єрі, яка, в свою чергу, суттєво впливатиме на ряд технологічних процесів видобування та подальшої переробки корисної копалини.

До нашого часу природній потенціал родовищ вапняку, що розробляються, а також цінність цієї корисної копалини, є заниженими. Ця ситуація зазвичай виникає внаслідок того, що на родовищах, які розвідані на конкретний вид продукції, саме видобуток сировини не є найефективнішим виробництвом. Отримання додаткового прибутку за рахунок розширення асортименту продукції, в тому числі випуску її дорожчих видів, потребує застосування гнучких технологій, які дозволяють найбільш ефективно використовувати запаси корисних копалин та отримувати якісну продукцію в необхідних для ринку об'ємах. Для цього потрібні технології розробки родовищ, які внаслідок невибухового руйнування масиву зберігають природні показники якості корисної копалини, значення яких впливають на асортимент конкурентоспроможної продукції кар'єру.

Аналіз родовищ вапняку дозволяє зробити висновок про нераціональне використання надр, при якому втрати складають значну частину від видобутих запасів.

Як показує практика розробки родовищ вапняків технології невибухової розробки не знаходять широкого використання внаслідок відсутності обґрунтування її параметрів на основі достовірних і простих у визначенні вихідних даних. Тому дослідження, що направлені на обґрунтування параметрів невибухової технології відкритої розробки вапняків на основі комплексної оцінки родовищ, являються актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерську дисертацію виконано на кафедрі геоінженерії Національного

технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри геоінженерії і є частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ДР 0115U005398).

Метою роботи є обґрунтування параметрів невибухової технології відкритої розробки вапняків на основі встановлених закономірностей впливу фізико-механічних властивостей масиву на режим роботи видобувного обладнання.

Основними задачами досліджень є:

- 1) проаналізувати існуючі технології розробки родовищ вапняку відкритим способом;
- 2) обґрунтувати ефективність впровадження невибухової технології розробки вапняків в умовах Гуменецької ділянки Гуменецького родовища;
- 3) визначити основні технологічні параметри невибухової технології розробки вапняків із застосуванням фрезерного кар'єрного комбайну;
- 4) обґрунтувати стартап-проект впровадження невибухової технології розробки родовищ вапняку на кар'єрах.

Об'єкт дослідження – процеси видобування вапняків відкритим способом.

Предмет дослідження – невибухова технологія видобування вапняків на кар'єрах.

Методи дослідження: науковий аналіз – для узагальнення досягнень теорії і практики при використанні невибухової технології розробки родовищ вапняку; теоретичні дослідження – для обґрунтування раціональності невибухової технології видобування вапняку в порівнянні з традиційною буропідривною технологією; аналітичні – для визначення впливу фізико-механічних властивостей масиву вапняку на досягнення необхідних технологічних параметрів; економічного аналізу стартапу – для підтвердження ефективності виконаних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

– показано, що застосування на кар'єрах з видобутку вапняків фрезерними комбайнами дозволяє підготовку гірських порід до виїмки з безпосередньо видобуванням та навантаженням;

– обґрунтована ефективність впровадження невибухової технології розробки вапняків в умовах кар'єру Гуменецького родовища, яка забезпечує зниження собівартості продукції на 7-12 % залежно від гірничо-геологічних умов родовища;

Практичне значення одержаних результатів на основі комплексної оцінки родовища:

– запропоновано раціональне обладнання добувного комплексу на кар'єрах вапняку;

– рекомендовано раціональні параметри механічного рихлення масиву вапняку.

Апробація результатів магістерської дисертації.

Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, 18-19 квітня 2018 року), на I Міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики", (м. Київ, 29-31 травня 2019 р., ІЕЕ КПІ ім. І. Сікорського), на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ присвяченій пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить ___ сторінок з ___ рисунками, ___ таблицями, списком літературних джерел з ___ найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** зазначено стан науково-технічної задачі щодо ефективності розробки родовищ вапняку та відзначена значущість вибору оптимальної технології видобутку. Обґрунтовано доцільність проведення досліджень в даному напрямку.

У **першому розділі** проведено детальний аналіз технологій розробки родовищ вапняку відкритим способом. Доведено, що родовища вапняку за своїми фізико-механічними властивостями придатні до розробки за буропідривною та невибуховими технологіями. Виконаний аналіз технологій показує, що невибуховий спосіб набуває все більшого поширення у світі.

Геолого-літологічний розріз, що характерний для родовищ вапняку, які знаходяться на території України зображено на рис. 1.

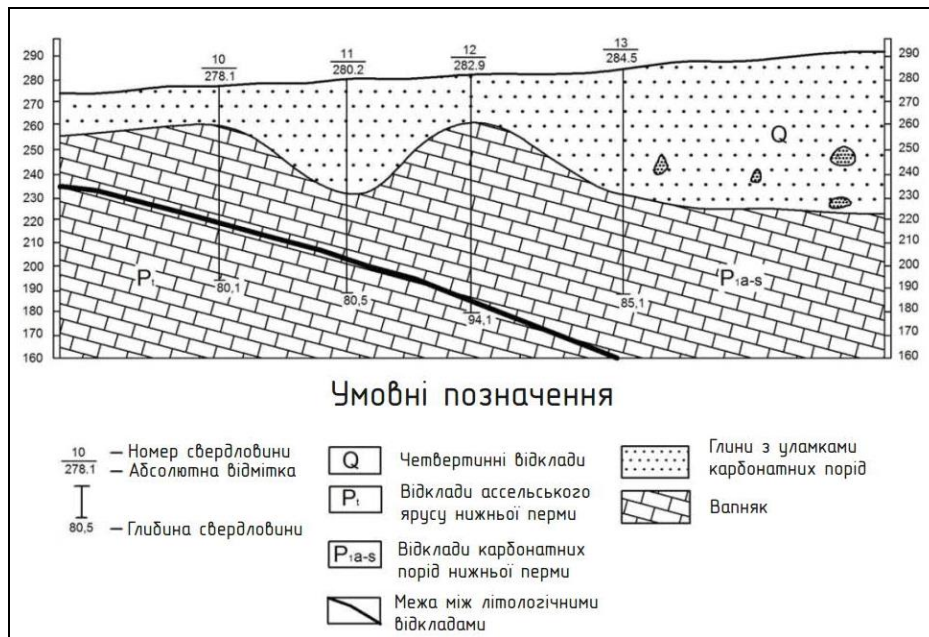


Рисунок 1 – Характерний геолого-літологічний розріз родовища вапняку

Встановлено, що при невибуховому способі розробки вапняків можна використовувати обладнання, яке за функціональним призначенням розділяють на два класи (машини для розвантаження та виймально-розвантажувальні

машини), а за конструктивно-технологічними ознаками – на п'ять груп (бульдозерно-розрихлювальні агрегати, навісні гідромолоти, гірничі комбайни, багатокішкві екскаватори, однокішкві екскаватори) (рис. 2).

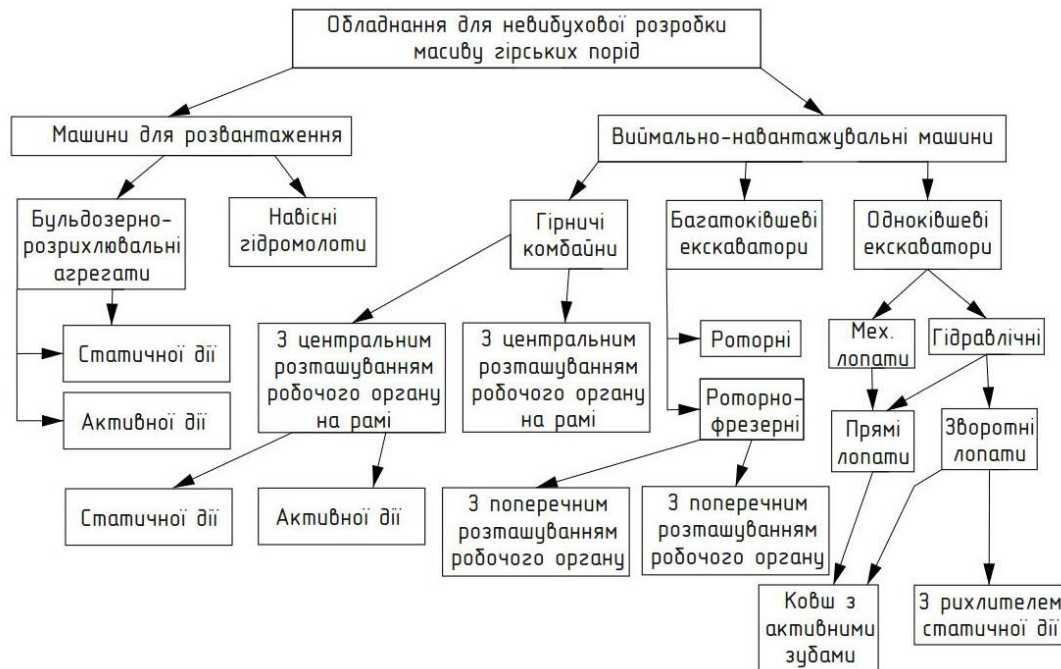


Рисунок 2 – Схема розподілу обладнання для невибухової розробки масиву гірських порід

Аналіз невибухових способів видобутку вапняку показав, що застосування на кар'єрах комбайнів є перспективним напрямком розвитку відкритого способу розробки, який дозволяє поєднувати в один процес кілька основних операцій гірничого виробництва, а саме: підготовку гірських порід до виїмки, безпосередньо виїмку і дроблення. Використання технологічних схем із застосуванням кар'єрних комбайнів, виключає необхідність в переєкспавації великих обсягів розкривних порід в процесі розробки родовища.

У другому розділі представлена загальна характеристика району родовища та умов видобутку корисних копалин, наведена геологічна і технологічна характеристика родовища та стан гірничих робіт на Гуменецькій ділянці Гуменецького родовища вапняку, як основного об'єкту проведення експериментальних досліджень та впровадження їх результатів.

Гуменецька ділянка Гуменецького родовища вапняків за складністю геологічної будови віднесена до групи родовищ (ділянок) складної геологічної будови (2 група) відповідно до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Встановлено, що в зв'язку з неоднорідними якісним складом вапняків протоколом ДКЗ України від 11 серпня 2017 р. відмічена рекомендація, щодо постійного здійснення контролю видобутої сировини.

Затверджені запаси вапняків Гуменецької ділянки Гуменецького родовища цементної сировини в Кам'янець-Подільському районі Хмельницької області» становлять 71 509 тис. т, в тому числі по категоріям: В – 53 128 тис. т, С1 – 18 381 тис. т. Балансові запаси корисної копалини наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Балансові запаси Гуменецької ділянки Гуменецького родовища

Корисна копалина	Підрахунок станом на	Од. вимірювання	Категорія запасів		
			В	С ₁	В+С ₁
Вапняк	11.06.2017 р.	тис. т.	Балансові запаси		
			53 128,0	18 381,0	71 509,0

Найбільш характерна міцність перекристалізованих вапняків знаходиться в межах від 500,0 до 800,0 кг/см². Найбільш характерна міцність неперекристалізованих коливається від 150,0 до 200,0 кг/см². Середня об'ємна маса вапняків по кар'єру дорівнює 2,3 т/м³.

Враховуючи гірничо-геологічні, гідрогеологічні умови родовища, досвід експлуатації аналогічних родовищ, приймається відпрацювання родовища відкритим способом. Система розробки виходячи з гірничо-геологічних умов залягання корисної копалини за класифікацією Н. В. Мельникова, визначається як транспортна, з паралельним направленням розвитку фронту робіт та з переміщенням розкривних порід у зовнішні відвали.

Відпрацювання корисної копалини ведеться 6-ма добувними уступами: гор. +293,0 м, +278,0 м, +263,0 м, +248,0 м, +233,0 м, +218,0 м. Висота уступів складає 15,00 м. Висота розкривного уступу – 8 м. Середня довжина фронту робіт становить 350,00 м. Середня довжина посування фронту робіт 58,00м.

На даний час у кар'єрі застосовується буропідривна технологія видобування вапняку методом свердловинних зарядів з використанням емульсійної вибухової речовини Анемікс 70 та системи ініціювання «Імпульс».

На розкривних роботах застосовуються екскаватори Volvo-EC-360, з об'ємом ковша 1,70 м³ та JCB-240-LC, з об'ємом ковша 1,50 м³.

Транспортування розкриву здійснюється автосамоскидами МАЗ і КамАЗ вантажопід'ємністю 12,0 т. Відвалоутворення бульдозерне.

Для виконання видобувних робіт застосовується гідравлічний екскаватор Volvo EC700BLC та навантажувачі Volvo CE L350F, Volvo CE L220F в комбінації з автосамоскидами БелАЗ-540, БелАЗ-7523, БелАЗ-7522.

Проектна річна продуктивність кар'єру по видобутку гірничої маси становить 3,5 млн. т. Продуктивність по періодам розробки наведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Продуктивність кар'єру

Період	Доба	Зміна	Година
Продуктивність по породам розкриву, м ³	757,57	757,57	94,69
Продуктивність по корисній копалині, м ³	4 611,0	2 305,65	230,43

Усі виробничі процеси на кар'єрі виконуються з дотриманням вимог Гірничого закону України. Проектування технологічних процесів на кар'єрі здійснюється у відповідності до «Норм технологічного проектування гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин». Гірничі роботи в кар'єрі проводяться згідно «Правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом».

В третьому розділі виконано обґрунтування невибухової технології розробки родовищ вапняку з використанням фрезерних комбайнів в умовах Гуменецької ділянки Гуменецького родовища.

Невибухова технологія розробки родовищ вапняку передбачає використання, в якості виймально-навантажувального обладнання, кар'єрних комбайнів нового (фрезерного) типу, що дозволяють ефективно розробляти масив з невеликою міцністю гірських порід. Найбільш раціональне використання комбайнів досягається при діапазоні міцності порід від 3 до 10 за шкалою М. М. Протод'яконова та межею міцності на стиск від 30 до 70 МПа.

Технологічні схеми роботи фрезерного комбайну зображено на рис. 3.

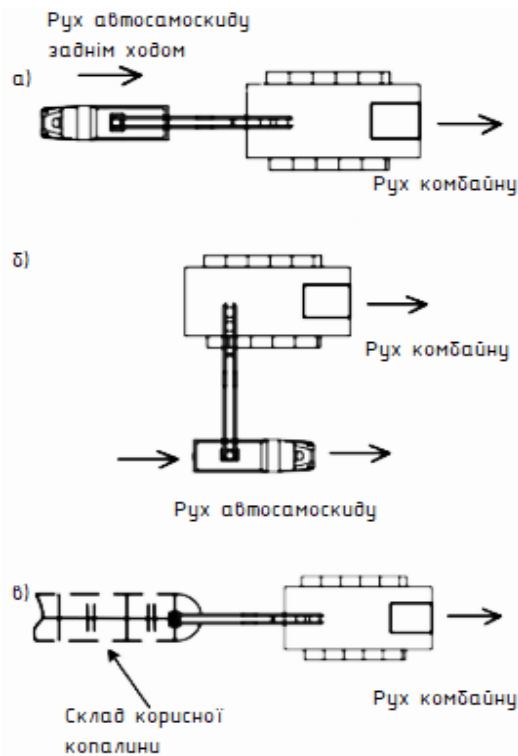


Рисунок 3 – Схеми роботи фрезерного комбайну: а, б – з навантаженням корисної копалини до автосамоскиду, в – з розвантаженням корисної копалини на склад.

При вийманні гірських порід фрезерними комбайнами, руйнування відбувається за рахунок подолання опору породи на зріз, під впливом різців фрезерного робочого органу. Як наслідок, створюється напружений стан в

масиві, що розробляється та формується ущільнене ядро в ньому. Графік залежності фрезерного комбайну від міцності гірських порід на стиск зображено на рис. 4.

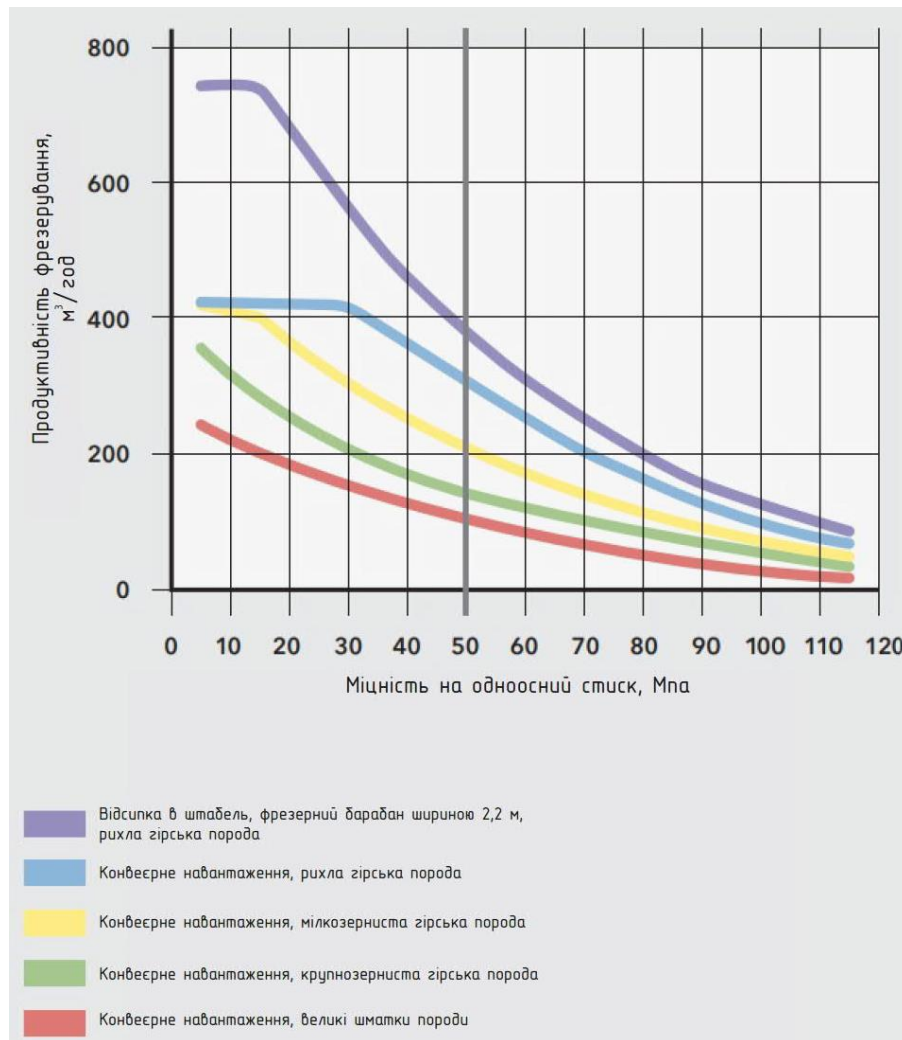


Рисунок 4 – Графік залежності продуктивності фрезерування від міцності на одноосний стиск.

Результати моделювання питомої технічної продуктивності кар'єрного комбайну в залежності від висоти шару, що фрезерується, міцності породи та коефіцієнту ефективного тертя зображені на рис. 5 та рис. 6.

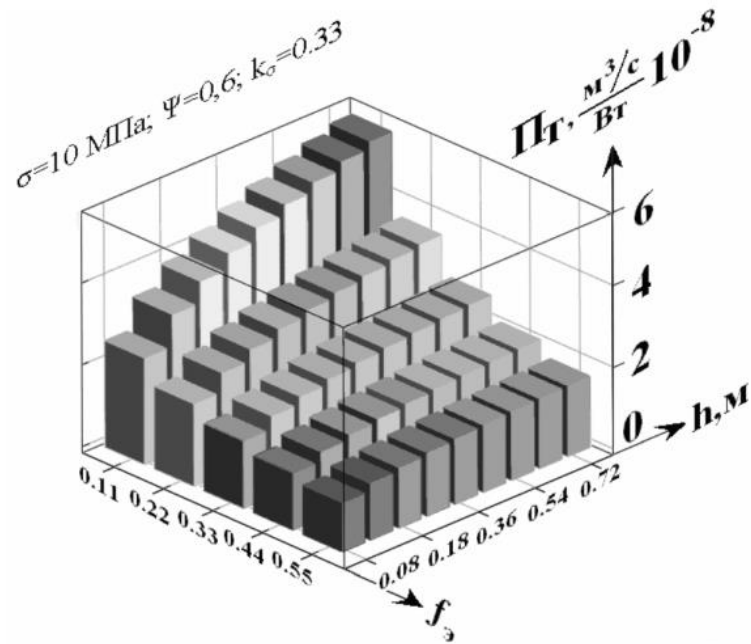


Рисунок 5 – Результати моделювання питомої технічної продуктивності кар'єрного фрезерного комбайну для зв'язних пластичних порід: h – висота шару, що фрезерується; σ – міцність породи; f – ефективний коефіцієнт тертя.

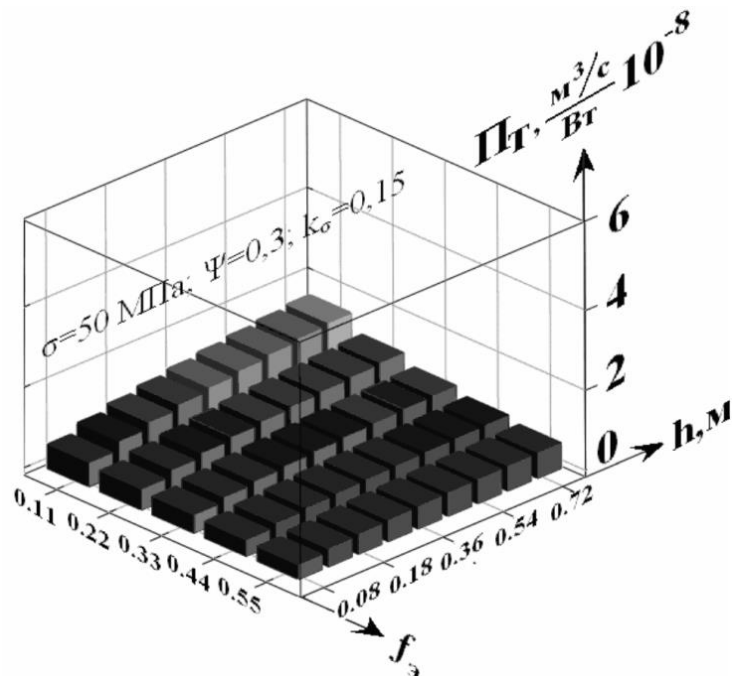


Рисунок 6 – Результати моделювання питомої технічної продуктивності кар'єрного фрезерного комбайну для міцних крихких порід: h – висота шару, що фрезерується; σ – міцність породи; f – ефективний коефіцієнт тертя.

При транспортній системі розробки, коли гірничі роботи ведуться крупними блоками, найбільш раціональною є схема відпрацювання комбайном, за формою, що подібна до концентричного еліпсу – з розвитком гірничих робіт від меж кар’єрного поля до його центру.

Масив відпрацьовується тонкими шарами, потужність яких залежить від можливої глибини фрезерування (до 60 см). Після завершення відпрацювання шару необхідної потужності по всій площі блоку, починається розробка наступного шару, що розташований нижче верхньої відмітки з’їзду. Таким чином, з’їзд на нижче розташовані горизонти створюється в ході розробки. Схема проходки з’їзду фрезерним комбайном зображена на рис.7.

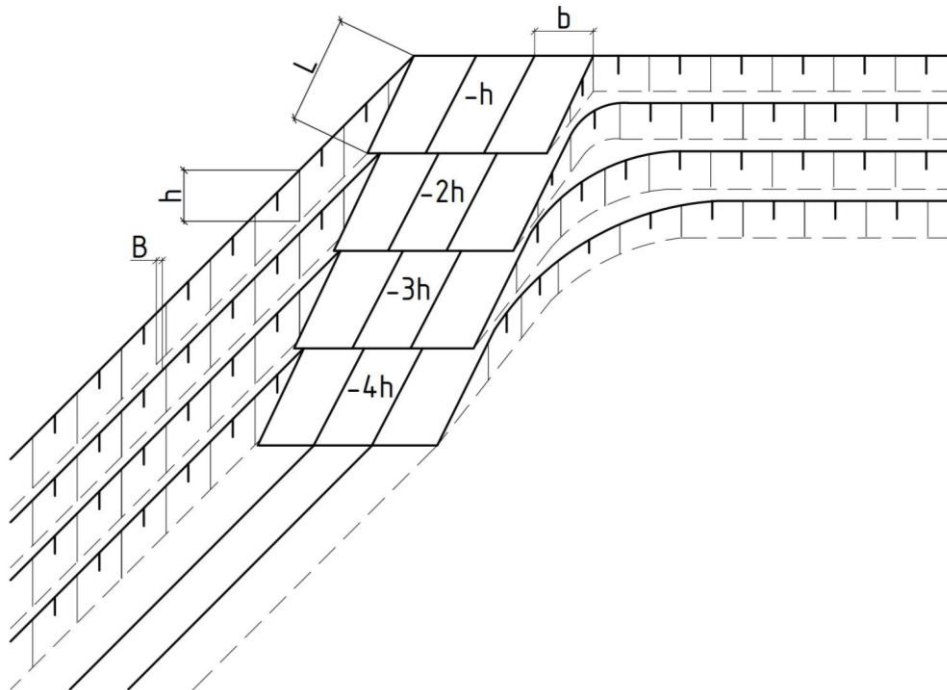


Рисунок 7 – Схема проходки з’їзду фрезерним комбайном: L – довжина з’їзду; b – ширина фрези; h – висота уступу (потужність шару, що фрезерується); B – ширина бічної стінки.

Визначаємо технічну продуктивність комбайну при роботі в комплексі з автосамоскидом:

$$Q_{\text{тех.год}} = 60 \frac{V_a}{(t + t_b)}, \quad (1)$$

де V_a – місткість кузова автосамоскиду, м^3 ; t – час завантаження до автосамоскиду, хв; t_b – час встановлення автосамоскиду під завантаження, хв.

Технічна продуктивність комбайну за зміну становить:

$$Q_{\text{тех.зм}} = (T_{\text{зм}} - T_{\text{п.з.}} - T_{\text{о.п.}} - T_{\text{вр}} - T_{\text{роз}}) \frac{Q_{\text{тех.год}}}{60} \quad (2)$$

де $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, хв; $T_{\text{п.з.}}$ – тривалість підготовчо-заклучних операцій, хв; $T_{\text{о.п.}}$ – час на особисті потреби, хв; $T_{\text{вр}}$ – час на врізання, що розраховується за формулою 3; $T_{\text{роз}}$ – час на розворот, хв, розраховується за формулою 5.

$$T_{\text{вр}} = t_{\text{вр}} N_{\text{вр}} \quad (3)$$

де $t_{\text{вр}}$ – час на виконання однієї врізки, хв; $N_{\text{вр}}$ – кількість врізок, розраховується за формулою 4.

$$N_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{п.з.}} - T_{\text{о.п.}}}{L_{\text{р.х.}} / V_{\text{р.х.}}} \quad (4)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу комбайна, приймається рівною довжині площадки, м; $V_{\text{р.х.}}$ – об'єм робочого ходу, м^3 .

$$T_{\text{роз}} = t_{\text{роз}} N_{\text{роз}} \quad (5)$$

В четвертому розділі виконано стартап-проект впровадження невибухової технології видобування вапняку на кар'єрах. Доведено, що застосування даного методу розробки має попит на ринку гірничих технологій і тому є можливість ринкової комерціалізації представленого стартап-проекту. Також обгрунтовано, що впровадження невибухової технології видобування вапняку в умовах Гуменецької ділянки Гуменецького родовища є перспективним, оскільки покращується якість гірничої маси для виготовлення портлант-цементу.

Економічний ефект від впровадження невибухової технології видобування вапняку в умовах Гуменецького кар'єру підтверджена техніко-економічним розрахунком. В порівнянні з вибуховою технологією, невибухова з використанням фрезерних комбайнів забезпечує зниження собівартості продукції на 7-12 % залежно від гірничо-геологічних умов родовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Доведено, що родовища вапняку за своїми фізико-механічними властивостями придатні до розробки за буропідривною та невибуховими технологіями. Виконаний аналіз технологій розробки показує, що невибуховий спосіб набуває все більшого поширення у світі.

2. Встановлено, що при невибуховому способі розробки вапняків можна використовувати обладнання, яке за функціональним призначенням розділяють на два класи (машини для розвантаження та виймально-розвантажувальні машини), а за конструктивно-технологічними ознаками – на п'ять груп (бульдозерно-розрихлювальні агрегати, навісні гідромолоти, гірничі комбайни, багатокішшеві екскаватори, однокішшеві екскаватори).

3. Аналіз невибухових способів видобутку вапняку показав, що застосування на кар'єрах комбайнів є перспективним напрямком розвитку

відкритого способу розробки, який дозволяє поєднувати в один процес кілька основних операцій гірничого виробництва, а саме: підготовку гірських порід до виїмки, безпосередньо виїмку і дроблення. Використання технологічних схем із застосуванням кар'єрних комбайнів, виключає необхідність в переєкскавації великих обсягів розкривних порід в процесі розробки родовища.

4. Затверджені запаси вапняків Гуменецької ділянки Гуменецького родовища цементної сировини в Кам'янець-Подільському районі Хмельницької області» становлять 71 509 тис. т, в тому числі по категоріям: В – 53 128 тис. т, С1 – 18 381 тис. т. Найбільш характерна міцність перекристалізованих вапняків знаходиться в межах від 500,0 до 800,0 кг/см². Найбільш характерна міцність неперекристалізованих коливається від 150,0 до 200,0 кг/см². Середня об'ємна маса вапняків по кар'єру дорівнює 2,3 т/м³.

5. Враховуючи гірничо-геологічні, гідрогеологічні умови родовища, досвід експлуатації аналогічних родовищ, приймається відпрацювання родовища відкритим способом. Система розробки виходячи з гірничо-геологічних умов залягання корисної копалини за класифікацією Н. В. Мельникова, визначається як транспортна, з паралельним направленням розвитку фронту робіт та з переміщенням розкривних порід у зовнішні відвали.

Відпрацювання корисної копалини ведеться 6-ма добувними уступами: гор. +293,0 м, +278,0 м, +263,0 м, +248,0 м, +233,0 м, +218,0 м. Висота уступів складає 15,00 м. Висота розкривного уступу – 8 м. Середня довжина фронту робіт становить 350,00 м. Середня довжина посування фронту робіт 58,00м.

6. Доведено, що застосування даного методу розробки має попит на ринку гірничих технологій і тому є можливість ринкової комерціалізації представленого стартап-проекту.

Економічний ефект від впровадження невибухової технології видобування вапняку в умовах Гуменецького кар'єру підтверджена техніко-економічним розрахунком. В порівнянні з вибуховою технологією, невибухова з використанням фрезерних комбайнів забезпечує зниження собівартості продукції на 7-12 % залежно від гірничо-геологічних умов родовища.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Литвинчук І.Д. Обґрунтування конструкції зарядів для підсилення дії вибуху в підшві уступу/ І.Д. Литвинчук // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів” – Житомир: ЖДТУ. –2018. – С.77-80.

2. Литвинчук І.Д. Удосконалення технології видобування вапняків в умовах Гуменецького родовища / І.Д. Литвинчук // II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ присвячена пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського, 21-22 листопада 2019 р./ ІЕЕ КПІ ім. І. Сікорського.– м. Київ, 2019.

3. Литвинчук І.Д. Обґрунтування раціонального діаметру свердловин для буропідривних робіт на кар'єрах / І.Д. Литвинчук, О.О. Фролов // II Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики" м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.

4. Frolov O. Improving the method of determining the rational diameter of wells for drilling and blasting / A.A. Frolov, I.D. Litvinchuk // Збірник «Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва» – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2019. – Вип. 1/2019 (23). – С. 9-17.

5. Литвинчук І.Д. Встановлення раціонального діаметру вибухових свердловин для залізородних басейнів / І.Д. Литвинчук, О.О. Фролов // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів” – Житомир: ЖДТУ. –2019. – С.41-45.

АНОТАЦІЯ

Литвинчук І.Д. Удосконалення технології видобування вапняків в умовах Гуменецького родовища. – Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2019.

Дисертація присвячена обґрунтуванню параметрів невибухової технології видобування вапняків в умовах Гуменецького родовища, яка передбачає використання в якості виймально-навантажувального обладнання кар'єрних комбайнів нового (фрезерного) типу, що дозволяють ефективно розробляти масив з невеликою міцністю гірських порід. В роботі виконано моделювання питомої технічної продуктивності кар'єрного комбайну в залежності від висоти шару, що фрезерується, міцності породи та коефіцієнту ефективного тертя.

Доведено, що застосування даного методу розробки має попит на ринку гірничих технологій і тому є можливість ринкової комерціалізації представленого стартап-проекту. Економічний ефект від впровадження невибухової технології видобування вапняку в умовах Гуменецького кар'єру підтверджена техніко-економічним розрахунком. В порівнянні з вибуховою технологією, невибухова з використанням фрезерних комбайнів забезпечує зниження собівартості продукції на 7-12 % залежно від гірничо-геологічних умов родовища.

Ключові слова: вапняк, кар'єр, невибухова технологія, фрезерний комбайн, уступ, продуктивність.